

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
16. Juni 2005 (16.06.2005)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2005/054645 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **F02C 7/32**, 6/08,
F01D 15/10, F02C 7/277, B64D 13/06, F04D 27/02

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **KLINGELS, Her-
mann** [DE/DE]; Ludwig-Ganghofer-Strasse 1, 85221
Dachau (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2004/002444

(22) Internationales Anmeldedatum:
5. November 2004 (05.11.2004)

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,
GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,
KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,
MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG,
PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM,
ZW.

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
103 55 917.5 29. November 2003 (29.11.2003) DE

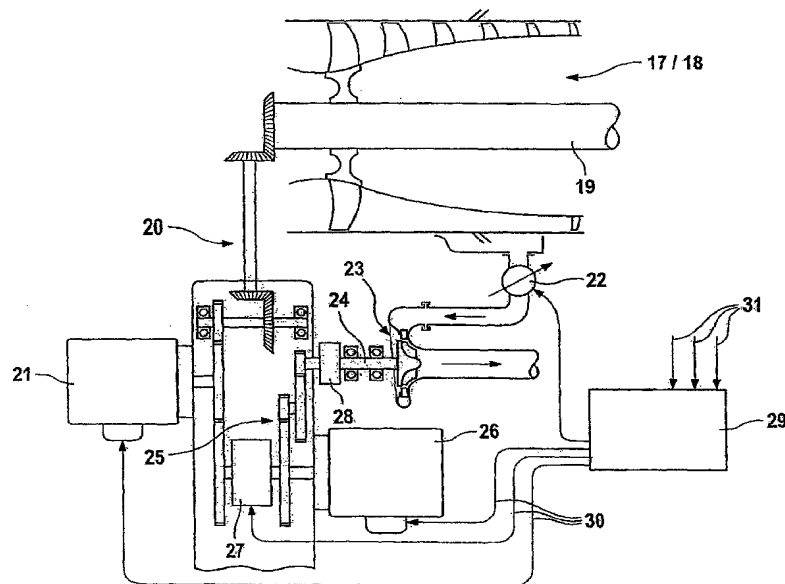
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): **MTU AERO ENGINES GMBH** [DE/DE];
Dachauer Strasse 665, 80995 München (DE).

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: GAS TURBINE, IN PARTICULAR AIRCRAFT ENGINE AND METHOD FOR GENERATING ELECTRICAL EN-
ERGY IN A GAS TURBINE

(54) Bezeichnung: GASTURBINE, INSBESONDERE FLUGTRIEBWERK, UND VERFAHREN ZUR ERZEUGUNG ELEK-
TRISCHER ENERGIE BEI EINER GASTURBINE



(57) Abstract: The invention relates to a gas turbine, in particular an aircraft engine and to a method for generating electrical energy in a gas turbine. The gas turbine comprises at least one engine core (18), in which a shaft (19) produces a shaft output. The inventive turbine is equipped with means that generate electrical energy both from the shaft output produced by the engine core (18) and from the compressed air that is dissipated by the engine core (18).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2005/054645 A1



GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Gasturbine, insbesondere ein Flugtriebwerk, und ein Verfahren zur Erzeugung elektrischer Energie bei einer Gasturbine. Die Gasturbine umfasst mit mindestens ein Kerntriebwerk (18), wobei von einer Welle (19) des Kerntriebwerks (18) Wellenleistung abführbar ist. Erfindungsgemäss sind Mittel vorgesehen, die einerseits aus der aus dem Kerntriebwerk (18) abgeführten Wellenleistung elektrische Energie erzeugen, und die andererseits aus der aus dem Kerntriebwerk (18) abgeführten, verdichteten Luft elektrische Energie erzeugen.

Gasturbine, insbesondere Flugtriebwerk, und Verfahren zur Erzeugung elektrischer Energie bei einer Gasturbine

Die Erfindung betrifft eine Gasturbine, insbesondere ein Flugtriebwerk, nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1. Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Erzeugung elektrischer Energie bei einer Gasturbine, insbesondere bei einem Flugtriebwerk, nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 16.

Triebwerke von Flugzeugen, sei es zivile Flugtriebwerke oder militärische Flugtriebwerke, erzeugen neben einem Vorschub zur Fortbewegung des Flugzeugs auch Energie zur Versorgung von Anbaueinrichtungen oder Nebeneinrichtungen der Gasturbine oder zur Versorgung flugzeugseitiger Systeme, wie z. B. der Klimaanlage. Zur Erzeugung von Energie zur Versorgung der Anbaueinrichtungen oder Nebeneinrichtung sowie der flugzeugseitigen Systeme ist es aus dem Stand der Technik bereits bekannt, einem Kerntriebwerk der Gasturbine mechanische Energie zu entnehmen, die z. B. für den Antrieb von Pumpen und Generatoren verwendet wird. So zeigt z. B. die DE 41 31 713 C2 ein Flugtriebwerk, wobei einem Kerntriebwerk Wellenleistung entnommen wird und diese Wellenleistung Nebenaggregaten zugeführt wird.

Bei der Entwicklung von Flugzeugen ist ein eindeutiger Trend dahingehend festzustellen, dass zunehmend mehr elektrische Energie im Flugzeug benötigt wird. Dies liegt zum einen darin begründet, dass hydraulisch oder pneumatisch betriebene Einrichtungen oder Aggregate im Flugzeug durch elektrisch betriebene Einrichtungen ersetzt werden und das andererseits ein immer größerer Energiebedarf pro Sitzplatz im Flugzeug benötigt wird. Die Flugtriebwerke müssen daher im größere elektrische Leistungen bzw. eine immer größere elektrische Energie bereitstellen.

Zur Erzeugung der elektrischen Energie ist es aus dem Stand der Technik bekannt, die Welle des Kerntriebwerks einer Gasturbine an einen Generator anzukoppeln, so dass die an der Welle entnommene mechanische Wellenleistung in elektrische Energie gewandelt werden kann. Diese Art der Bereitstellung bzw. Erzeugung elektrischer Energie verfügt jedoch über den Nachteil, dass eine Verschiebung der Arbeitslinie der Gasturbine im Kennfeld des Hochdruckverdichters in Richtung auf die Pump-

grenze festzustellen ist. Die Pumpgrenze im Kennfeld des Hochdruckverdichters grenzt den stabilen Arbeitsbereich der Gasturbine vom instabilen Arbeitsbereich der Gasturbine ab. Um über den gesamten Arbeitsbereich und damit Lastbereich der Gasturbine einen stabilen Betrieb derselben zu gewährleisten, muss ein gewisser Pumpgrenzabstand eingehalten werden. Der Effekt, dass bei Entnahme mechanischer Wellenleistung an dem Kerntriebwerk der Gasturbine eine Verschiebung der Arbeitslinie in Richtung auf die Pumpgrenze festzustellen ist, nimmt mit abnehmender Leistung der Gasturbine zu, d. h., dass insbesondere im unteren Lastbereich der Gasturbine, also im Teillastbetrieb derselben, Instabilitäten auftreten können.

Um unter den obigen Gesichtspunkten auch im Teillastbereich der Gasturbine einen sicheren Betrieb derselben zu gewährleisten, wird nach dem Stand der Technik der Weg beschritten, die Gasturbine, insbesondere das Kerntriebwerk derselben, mit größerem Pumpgrenzabstand auszulegen. Dies resultiert in einer größeren Baulänge insbesondere des Hochdruckverdichters des Kerntriebwerks, sowie in einer größeren Anzahl von Stufen, einer größeren Anzahl von Schaufeln und damit in einem größeren Gewicht und insgesamt höheren Kosten. Wird hingegen der Hochdruckverdichter des Kerntriebwerks nicht mit größerem Pumpgrenzabstand ausgelegt, so bleibt nach dem Stand der Technik lediglich die Alternative, die Arbeitslinie der Gasturbine, insbesondere des Kerntriebwerks, so weit abzusenken, dass auch im Teillastbetrieb ein ausreichender Pumpgrenzenabstand eingehalten wird. Dies hat jedoch zur Folge, dass im Vollastbetrieb die Wirkungsgradoptima nicht mehr erreicht werden können und sich daher ein Wirkungsgraddefizit einstellt.

Hiervon ausgehend liegt der vorliegenden Erfindung das Problem zu Grunde, eine neuartige Gasturbine, insbesondere ein neuartiges Flugtriebwerk, sowie ein neuartiges Verfahren zur Erzeugung elektrischer Energie bei einer Gasturbine, insbesondere bei einem Flugtriebwerk, zu schaffen.

Dieses Problem wird dadurch gelöst, dass die eingangs genannte Gasturbine durch die Merkmale des kennzeichnenden Teils des Patentanspruchs 1 weitergebildet ist.

Erfindungsgemäß verfügt die Gasturbine über Mittel, die einerseits aus dem Kerntriebwerk abgeführter Wellenleistung elektrische Energie erzeugen, und die andererseits aus dem Kerntriebwerk abgeführter, verdichteter Luft elektrische Energie erzeugen.

Nach einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung erzeugen die Mittel in einem hohen Lastbereich des Kerntriebwerks die elektrische Energie ausschließlich aus der abgeführten mechanischen Wellenleistung. In einem unteren Lastbereich des Kerntriebwerks hingegen erzeugen die Mittel die elektrische Energie aus der abgeführten mechanischen Wellenleistung und aus der abgeführten, verdichteten Luft.

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Erzeugung elektrischer Energie bei einer Gasturbine ist durch die Merkmale des unabhängigen Patentanspruchs 16 gekennzeichnet.

Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden, ohne hierauf beschränkt zu sein, an Hand der Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigt:

Fig. 1: ein Kennfeld eines Hochdruckverdichters einer Gasturbine, nämlich eines Kerntriebwerks der Gasturbine, in schematisierter Darstellung;

Fig. 2: ein Blockschaltbild zur Verdeutlichung einer ersten Ausführungsform der hier vorliegenden Erfindung; und

Fig. 3: ein Blockschaltbild zur Verdeutlichung einer zweiten Ausführungsform der hier vorliegenden Erfindung.

Nachfolgend wird die hier vorliegende Erfindung unter Bezugnahme auf Figuren 1 bis 3 in größerem Detail beschrieben.

Figur 1 zeigt ein Kennfeld eines Hochdruckverdichters eines Kerntriebwerks einer Gasturbine. Im Diagramm der Figur 1 ist π das Verdichtungsverhältnis bzw. Druckverhältnis des Hochdruckverdichters, \dot{m} ist der Massestrom durch den Hochdruckverdichter, T ist die Temperatur und p ist der Druck innerhalb des Hochdruckverdichters und n ist die Drehzahl desselben. Mit der Bezugsziffer 11 sind im Kennfeld 10 Linien gekennzeichnet, in denen das Verhältnis n/\sqrt{T} konstant ist. Weiterhin ist in das Kennfeld 10 gemäß Figur 1 mit der Bezugsziffer 12 die Pumpgrenze des Hochdruckverdichters des Kerntriebwerks gekennzeichnet.

In dem Fall, in dem die Gasturbine ausschließlich der Erzeugung eines Vorschubs für das Flugzeug dient, wird abgesehen von den üblichen Anbaugeräten – wie zum Beispiel Kraftstoffpumpe und Ölpumpe – keine weitere Wellenleistung des Hochdruckverdichters bzw. des Kerntriebwerks entnommen und der Hochdruckverdichter der Gasturbine wird mit der in Figur 1 mit der Bezugsziffer 13 gekennzeichneten Arbeitslinie betrieben. Für die Arbeitslinie 13 besteht ein ausreichender Abstand zur Pumpgrenze 12 über das gesamte Kennfeld des Hochdruckverdichters. Wird jedoch dem Hochdruckverdichter an der Welle mechanische Wellenleistung entnommen, so bewirkt dies eine Verschiebung der Arbeitslinie im Kennfeld in Richtung auf die Pumpgrenze, wobei in Figur 1 eine Arbeitslinie des Hochdruckverdichters bei Entnahme von Wellenleistung mit der Bezugsziffer 14 gekennzeichnet ist.

Figur 1 kann entnommen werden, dass bei zusätzlicher Leistungsentnahme, zum Beispiel für den Antrieb von elektrischen Geräten, mit abnehmender Leistung des Hochdruckverdichters der Effekt der Verschiebung der Arbeitslinie in Richtung auf die Pumpgrenze 12 zunimmt. Insbesondere im unteren Lastbereich des Hochdruckverdichters und damit des Kerntriebwerks ist daher bei Entnahme von mechanischer Wellenleistung mit Instabilitäten im Betrieb des Hochdruckverdichters zu rechnen.

Im Sinne der hier vorliegenden Erfindung wird eine Gasturbine und ein Verfahren zur Erzeugung bzw. Abführung elektrischer Leistung bzw. Energie an einer Gasturbine vorgeschlagen, mit Hilfe dessen die im Zusammenhang mit Figur 1 beschriebene Verschiebung der Arbeitslinie 13 in Richtung auf die Arbeitslinie 14 vermieden werden kann.

Bevor nachfolgend unter Bezugnahme auf die Figuren 2 und 3 bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung detailliert beschrieben werden, soll hier vorab angemerkt werden, dass im Sinne der Erfindung einerseits aus dem Kerntriebwerk mechanische Wellenleistung abgeführt wird und diese abgeführte Wellenleistung in elektrische Energie gewandelt wird und das andererseits auch aus dem Kerntriebwerk verdichtete Luft abgeführt und die in der verdichteten Luft enthaltene pneumatische Energie ebenfalls in elektrische Energie gewandelt wird. Es liegt dabei im Sinne der vorliegenden Erfindung, in einem hohen Lastbereich des Kerntriebwerks die elektrische Energie ausschließlich aus der abgeführten mechanischen Wellenleistung zu erzeugen. In einem unteren Lastbereich hingegen wird die benötigte elektrische Energie einerseits aus der abgeführten mechanischen Wellenleistung und andererseits aus der in der verdichteten Luft enthaltenen pneumatischen Energie erzeugt. Durch die Entnahme bzw. die Abführung verdichteter Luft im unteren Lastbereich des Hochdruckverdichters bzw. des Kerntriebwerks kann die Arbeitslinie des Hochdruckverdichters dahingehend beeinflusst werden, dass im unteren Lastbereich ein ausreichender Abstand von der Pumpgrenze 12 eingehalten wird.

So ist in Figur 1 mit der Bezugsziffer 15 eine Arbeitslinie des Hochdruckverdichters gekennzeichnet, die sich bei Nutzung der Erfindung einstellt. In einem mittleren Abschnitt 16 der Arbeitslinie 15 erfolgt ein Umschalten zwischen den beiden prinzipiell voneinander zu unterscheidenden Zuständen, wobei wie bereits erwähnt, in einem ersten Zustand die elektrische Leistung ausschließlich durch Entnahme von mechanischer Wellenleistung erzeugt wird, und wobei in dem zweiten Zustand die elektrische Leistung auch aus der in der abgeführten, verdichteten Luft enthaltenen pneumatischen Energie gewonnen wird.

Figur 2 zeigt ein erstes bevorzugtes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Gasturbine in stark schematisierter Darstellung. So zeigt Figur 2 einen Hochdruckverdichter 17 eines Kerntriebwerks 18 mit einer Welle 19 des Hochdruckverdichters 17. An der Welle 19 des Hochdruckverdichters 17 des Kerntriebwerks 18 wird über ein Getriebe 20 mechanische Wellenleistung der Welle 19 abgegriffen und an einen Generator 21 übertragen, der aus der mechanischen Leistung elektrische Energie

erzeugt. Im Sinne der hier vorliegenden Erfindung wird aus dem Hochdruckverdichter 17 verdichtete Luft über ein ansteuerbares Ventil 22 entnommen. Die verdichtete Luft wird einer Luftturbine 23 zugeführt, wobei die Luftturbine 23 aus der in der verdichteten Luft enthaltenen pneumatischen Leistung mechanische Energie erzeugt und eine entsprechende Welle 24 antreibt. Die Welle 24 ist über ein zweites Getriebe 25 mit einem zweiten Generator 26 verbunden. Der zweite Generator 26 wandelt letztendlich die in der verdichteten Luft enthaltene pneumatische Energie bzw. Leistung nach Wandlung derselben durch die Luftturbine 23 in mechanische Energie in elektrische Energie um.

Wie Figur 2 entnommen werden kann, sind das dem ersten Generator 21 zugeordnete Getriebe 20 sowie das dem zweiten Generator 26 zugeordnete zweite Getriebe 25 über eine Kupplung 27 miteinander verbindbar. Die Kupplung 27 ist ansteuerbar und koppelt entweder die beiden Getriebe 20 und 25 voneinander ab bzw. koppelt dieselben zusammen. In die Welle 24, die von der Luftturbine 23 angetrieben wird, ist ein sogenannter Freilauf 28 integriert.

In einem oberen Lastbereich des Hochdruckverdichters, in welchem im Sinne der Erfindung die elektrische Energie ausschließlich durch Entnahme von mechanischer Wellenleistung der Welle 19 des Hochdruckverdichters 17 erzeugt wird, sind die beiden Getriebe 20 sowie 25 über die Kupplung 27 miteinander verkuppelt, das Ventil 22 ist geschlossen und die Welle 24 ist über den Freilauf 28 vom zweiten Getriebe 25 abgekoppelt. In diesem Zustand werden sowohl der erste Generator 21 als auch der zweite Generator 26 ausschließlich von der Welle 19 des Hochdruckverdichters 17 angetrieben und die beiden Generatoren 21 und 26 wandeln die entnommene mechanische Leistung in entsprechende elektrische Energie um. In einem unteren Lastbereich des Hochdruckverdichters 17 hingegen ist die Kupplung 27 geöffnet und die beiden Getriebe 20 und 25 sowie die beiden Generatoren 21 und 26 sind voneinander entkoppelt. Das Ventil 22 ist geöffnet und es wird verdichtete Luft dem Hochdruckverdichter 17 entnommen und der Luftturbine 23 zugeführt. Der Freilauf 28 koppelt die Welle 24 an das zweite Getriebe 25 an, so dass die von der Luftturbine 23 aus der verdichteten Luft erzeugte mechanische Energie zur Erzeugung elektrischer Energie an den zweiten Generator 26 übertragen werden kann. Im unteren

Lastbereich wird im Ausführungsbeispiel der Figur 1 der Generator 21 demnach über das Getriebe 20 von der Welle 19 des Hochdruckverdichters 17 angetrieben, der Generator 26 wird über das Getriebe 20 von der Luftturbine 23 betrieben, der die entnommene, verdichtete Luft zugeführt wird.

Das Umschalten zwischen diesen beiden Zuständen des Hochdruckverdichters 17 erfolgt über Steuermittel 29. Die Steuermittel 29 sind im gezeigten Ausführungsbeispiel als Energy-Control-Unit (ECU) ausgebildet. Über die Steuermittel 29 sind das Ventil 22, die Kupplung 27 sowie die beiden Generatoren 21 und 26 ansteuerbar, wie dies durch die Pfeile 30 in Figur 2 angedeutet ist. Die Umschaltung zwischen den beiden Betriebszuständen zur Erzeugung der elektrischen Energie erfolgt entweder aufgrund von in den Steuermitteln 29 abgelegten Kriterien oder auf Basis von Messwerten 31, die dem Steuermittel 29 zugeführt werden. Bei den Messwerten 31 kann es sich z. B. um das gemessene Verdichtungsverhältnis π , um gemessene Drehzahlen n oder gemessene Temperaturen T handeln. Aus den Messwerten können dann in den Steuermitteln 29 Kriterien errechnet werden, anhand derer die Umschaltung zwischen den beiden Betriebszuständen bzw. die Zuschaltung bzw. Abschaltung der Luftturbine 23 zur Erzeugung elektrischer Energie unter Entnahme verdichteter Luft aus dem Hauptverdichter 17 erfolgt.

Figur 3 zeigt ein zweites Ausführungsbeispiel der Erfindung. So ist in Figur 3 wiederum ein Hochdruckverdichter 32 eines Kerntriebwerks 33 mit einer entsprechenden Welle 34 gezeigt, wobei der Welle 34 über ein Getriebe 35 mechanische Leistung entnommen wird und diese an einen Generator 36 oder auch mehreren Generatoren zur Erzeugung elektrischer Energie angelegt wird. Auch im Ausführungsbeispiel der Figur 3 kann dem Hochdruckverdichter 32 über ein ansteuerbares Ventil 37 verdichtete Luft entnommen werden, wobei die verdichtete Luft einer Luftturbine 38 des Triebwerks, einem sogenannten Triebwerkstarter, zugeführt wird. Die Luftturbine 38 kann auch als Starteinrichtung verwendet werden. Der Luftturbine 38 bzw. der Starter wandelt die in der entnommenen, verdichteten Luft enthaltene Leistung wiederum in mechanische Energie und treibt über diese mechanische Energie eine Welle an. Über einen Freilauf 39 ist die von der Luftturbine 38 angetriebene Welle entweder an das Getriebe 35 ankoppelbar bzw. von diesem abkoppelbar. Im Zusammen-

hang mit dem in Figur 3 gezeigten Ausführungsbeispiel wird so vorgegangen, dass im Teillastbetrieb des Hochdruckverdichters 32 über das Ventil 37 die verdichtete Luft der Luftturbine 38 zugeführt wird. Das Ventil 37 ist über Steuermittel 29 ansteuerbar. Wenn eine Antriebsdrehzahl der Luftturbine 38 höher ist als eine Drehzahl einer Welle, auf welcher die Luftturbine 38 angeordnet ist, kuppelt der Freilauf 39 ein und überträgt die erzeugte mechanische Energie auf das Getriebe 35 und damit letztendlich auf den Generator 36 zur Erzeugung elektrischer Energie.

Beiden Ausführungsbeispielen ist gemeinsam, dass im unteren Lastbereich des Hochdruckverdichters demselben verdichtete Luft entnommen wird und aus der in der verdichteten Luft enthaltenen Leistung elektrische Energie erzeugt wird. Durch die Entnahme der verdichteten Luft ist die Arbeitslinie des Hochdruckverdichters derart beeinflussbar, dass sich die Arbeitslinie von der Pumpgrenze entfernt und damit auch im unteren Lastbereich des Hochdruckverdichters ein ausreichender Pumpgrenzenabstand eingehalten werden kann.

Patentansprüche

1. Gasturbine, insbesondere Flugtriebwerk, mit mindestens einem Kerntriebwerk (18; 33), wobei von einer Welle (19; 34) des Kerntriebwerks (18; 33) mechanische Wellenleistung abführbar ist, gekennzeichnet durch Mittel, die einerseits aus dem Kerntriebwerk (18; 33) abgeführter Wellenleistung elektrische Energie erzeugen, und die andererseits aus dem Kerntriebwerk (18; 33) abgeführter, verdichteter Luft elektrische Energie erzeugen.
2. Gasturbine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel in einem hohen Lastbereich des Kerntriebwerks (18; 33) die elektrische Energie ausschließlich aus der abgeführten mechanischen Wellenleistung erzeugen.
3. Gasturbine nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel in einem unteren Lastbereich des Kerntriebwerks (18; 33) die elektrische Energie aus der abgeführten mechanischen Wellenleistung und aus der in der abgeführten, verdichteten Luft enthaltenen pneumatischen Energie erzeugen.
4. Gasturbine nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, gekennzeichnet durch Steuerungsmittel (29), die abhängig vom Lastbereich des Kerntriebwerks (18; 33) automatisch Mittel zur Erzeugung elektrischer Energie aus der abgeführten, verdichteten Luft zuschalten oder abschalten.
5. Gasturbine nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, gekennzeichnet durch einen ersten Generator (21), wobei der erste Generator (21) über ein Getriebe (20) mit der Welle (19) des Kerntriebwerks (18) verbunden ist, und wobei der erste Generator (21) aus der abgeführten mechanischen Wellenleistung elektrische Energie erzeugt.
6. Gasturbine nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, gekennzeichnet durch einen zweiten Generator (26), wobei der zweite Generator (26) über ein Getriebe (25) mit einer Luftturbine (23) verbunden ist, wobei die Luftturbine (23) aus der abgeführten, verdichteten Luft mechanische Energie er-

zeugt, und wobei der Generator (26) aus der von der Luftturbine erzeugten mechanischen Energie elektrische Energie erzeugt.

7. Gasturbine nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass dem mit der Luftturbine (23) zusammenwirkende Getriebe (25) ein Freilauf (28) zugeordnet ist.
8. Gasturbine nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass beide Generatoren (21, 26) über eine ansteuerbarere Kupplung (27) miteinander verbindbar sind, wobei in einem oberen Lastbereich des Kerntriebwerks (18) beide Generatoren (21, 26) ausschließlich von der Welle (19) des Kerntriebwerks (18) angetrieben werden.
9. Gasturbine nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass hierzu die beiden Getriebe (20, 25) der beiden Generatoren (21, 26) über die ansteuerbarere Kupplung (27) miteinander verbunden sind, und dass der Freilauf (28) die Luftturbine (23) abkoppelt.
10. Gasturbine nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass in einem unteren Lastbereich des Kerntriebwerks (18) beide Generatoren (21, 26) entkoppelt sind, wobei der erste Generator (21) ausschließlich von der Welle (19) des Kerntriebwerks (18) und der zweite Generator (26) ausschließlich von der Luftturbine (23) angetrieben wird.
11. Gasturbine nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass hierzu die ansteuerbarere Kupplung (27) die beiden Getriebe (20, 25) der beiden Generatoren (21, 26) voneinander entkoppelt, und dass der Freilauf (28) die Luftturbine (23) an das entsprechenden Getriebe (25) bzw. den zweiten Generator (26) ankoppelt.
12. Gasturbine nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, gekennzeichnet durch mindestens einen Generator (36), wobei der oder jede Generator (36) über ein Getriebe (35) mit der Welle (34) des Kerntriebwerks (33) ver-

bunden ist, und wobei der oder jede Generator (36) aus der abgeführten mechanischen Wellenleistung elektrische Energie erzeugt.

13. Gasturbine nach Anspruch 12, gekennzeichnet durch eine Luftturbine (38), wobei die Luftturbine (38) über einen Freilauf (39) mit dem Getriebe (35) verbunden ist, wobei in einem oberen Lastbereich der Generator (36) ausschließlich von der Welle (34) des Kerntriebwerks (33) und in einem unteren Lastbereich von der Welle des Kerntriebwerks (33) und der Luftturbine (38) angetrieben wird.
14. Gasturbine nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass hierzu in dem oberen Lastbereich des Kerntriebwerks (33) der Freilauf (39) die Luftturbine (38) von dem Getriebe (35) abkoppelt und in dem unteren Lastbereich an das Getriebe (35) ankoppelt.
15. Gasturbine nach einem oder mehreren der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass der Luftturbine (38) die aus dem Kerntriebwerk (33) abgeführte, verdichtete Luft zuführbar ist, wobei dann, wenn die Drehzahl der Luftturbine (38) größer ist als die Drehzahl einer Welle, auf der die Startereinrichtung angeordnet ist, der Freilauf (39) die Luftturbine an das Getriebe (35) ankoppelt und die elektrische Energie für die oder jede Anbaueinrichtung oder Nebeneinrichtung aus der abgeführten Wellenleistung und aus der abgeführten, verdichteten Luft erzeugt wird.
16. Verfahren zur Erzeugung elektrischer Energie bei einer Gasturbine, insbesondere bei einem Flugtriebwerk, zur Versorgung vorzugsweise einer Anbaueinrichtung oder einer Nebeneinrichtung der Gasturbine, wobei von einer Welle eines Kerntriebwerks mechanische Wellenleistung abgeführt wird, dadurch gekennzeichnet, dass einerseits aus der aus dem Kerntriebwerk abgeführten Wellenleistung elektrische Energie erzeugt wird, und dass andererseits aus dem Kerntriebwerk abgeführter, verdichteter Luft elektrische Energie erzeugt wird.

17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass in einem hohen Lastbereich des Kerntriebwerks die elektrische Energie ausschließlich aus der abgeführten Wellenleistung erzeugt wird.
18. Verfahren nach Anspruch 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, dass in einem unteren Lastbereich des Kerntriebwerks die elektrische Energie aus der abgeführten Wellenleistung und aus der in der abgeführten, verdichteten Luft enthaltenen pneumatischen Energie erzeugt wird.
19. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass aus der Energie der abgeführten, verdichteten Luft zuerst mechanische Energie und aus der mechanischen Energie elektrische Energie erzeugt wird.
20. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 16 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass abhängig vom Lastbereich des Kerntriebwerks automatisch Mittel zur Erzeugung elektrischer Energie aus der abgeführten, verdichteten Luft zugeschaltet oder abgeschaltet werden.
21. Verfahren nach Ansprüchen 20, dadurch gekennzeichnet, dass das Zuschalten oder das Abschalten der Mittel zur Erzeugung elektrischer Energie aus der abgeführten, verdichteten Luft in Abhängigkeit von einem gemessenen Verdichtungsverhältnis erfolgt.

1/3

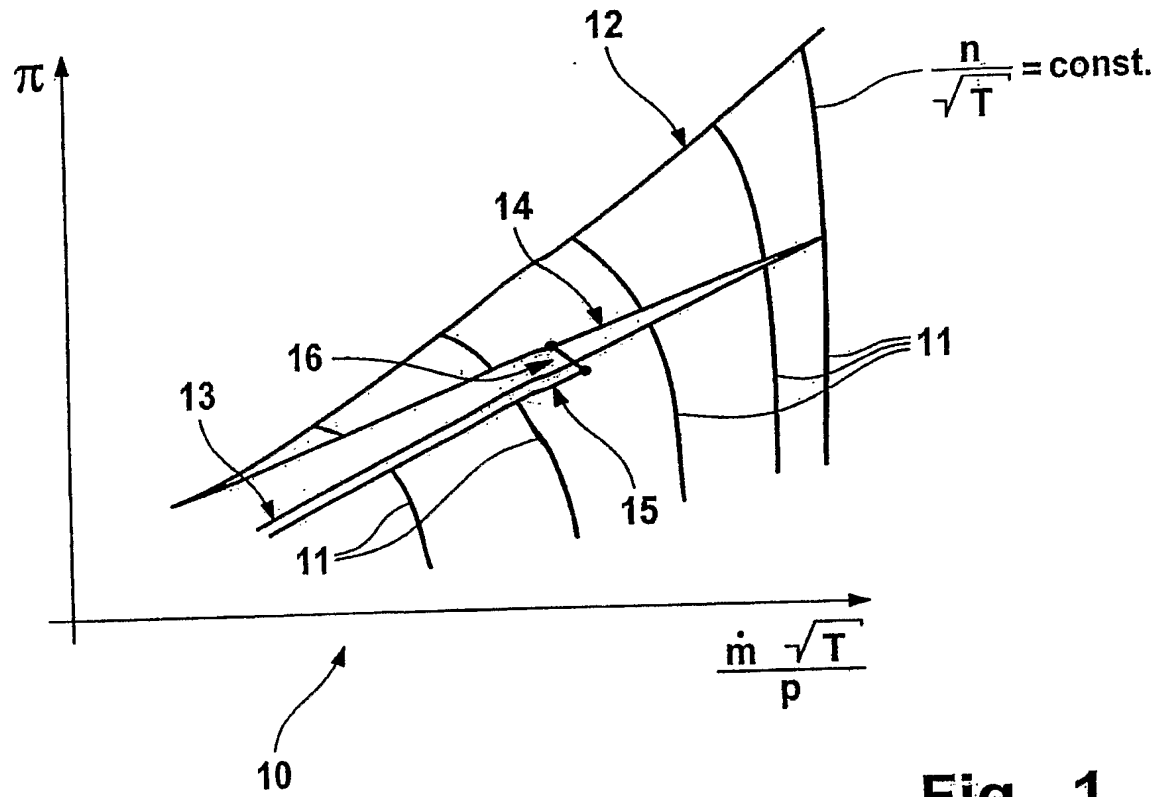


Fig. 1

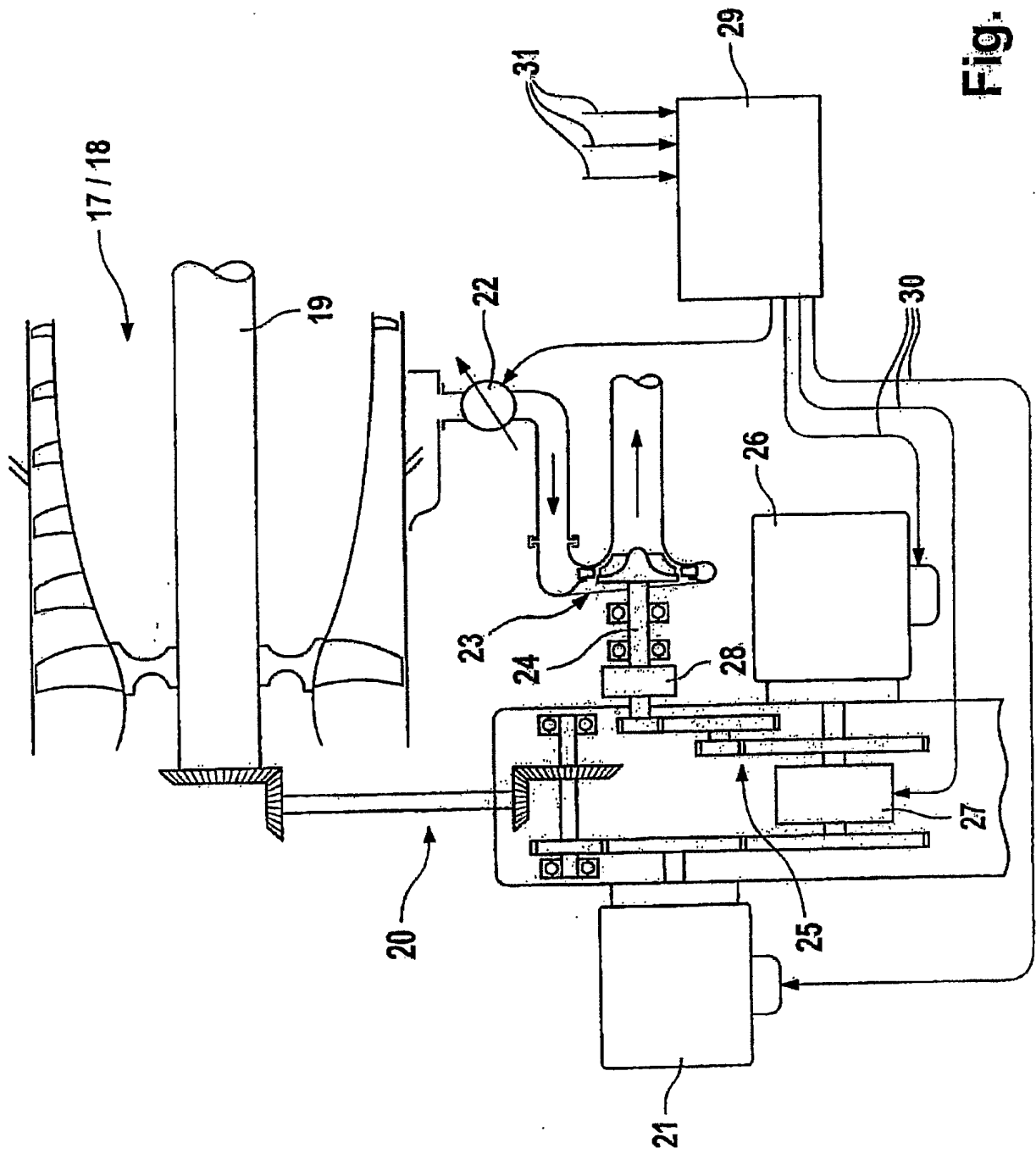


Fig. 2

3/3

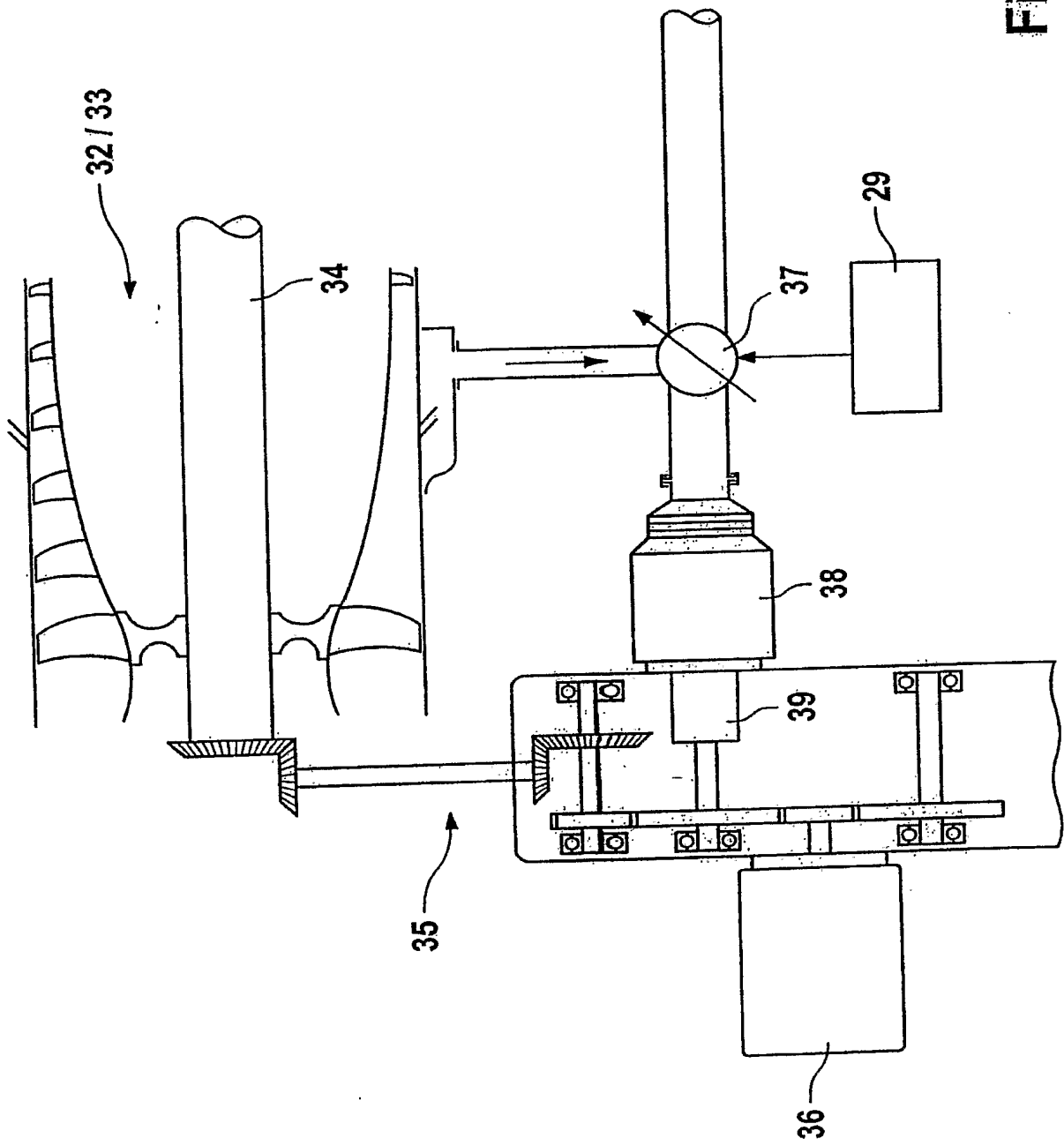


Fig. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/DE2004/002444

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 F02C7/32 F02C6/08 F01D15/10 F02C7/277 B64D13/06
F04D27/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 F02C F01D B64D F04D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 694 765 A (HIELD ET AL) 9 December 1997 (1997-12-09) column 8, line 36 - line 60; figure 8	1-6, 12, 16-21
X	EP 1 186 761 A (GENERAL ELECTRIC COMPANY) 13 March 2002 (2002-03-13) paragraphs '0001!', '0005!', '0011!', '0013!', '0016!', '0019!'	1-6, 12, 16-21
X	US 3 514 945 A (KENNETH A. AUSTIN) 2 June 1970 (1970-06-02)	1-7, 12, 16, 17, 19, 20
Y	the whole document	8-11
X	US 3 145 532 A (MOSS NORMAN) 25 August 1964 (1964-08-25)	1-5, 12-20
A	the whole document	6, 7
	-/-	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *Z* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

9 February 2005

Date of mailing of the international search report

17/02/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Koch, R

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE2004/002444

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 143 329 A (COFFINBERRY ET AL) 1 September 1992 (1992-09-01)	1, 3, 5, 12, 16, 18, 19
A	the whole document -----	13-15
Y	EP 0 200 178 A (KLOCKNER-HUMBOLDT-DEUTZ AKTIENGESELLSCHAFT) 5 November 1986 (1986-11-05)	8-11
A	the whole document -----	6, 7, 13-15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE2004/002444

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5694765	A	09-12-1997	DE 69407555 D1 DE 69407555 T2 EP 0659234 A1 WO 9502120 A1 JP 8501370 T	05-02-1998 13-08-1998 28-06-1995 19-01-1995 13-02-1996
EP 1186761	A	13-03-2002	US 6442941 B1 CZ 20010044 A3 EP 1186761 A2 JP 2002097970 A US 2002129608 A1	03-09-2002 17-04-2002 13-03-2002 05-04-2002 19-09-2002
US 3514945	A	02-06-1970	NONE	
US 3145532	A	25-08-1964	FR 82029 E	13-12-1963
US 5143329	A	01-09-1992	US 5125597 A CA 2042201 A1 DE 69105354 D1 DE 69105354 T2 EP 0459816 A1 JP 2533988 B2 JP 4231291 A	30-06-1992 02-12-1991 12-01-1995 13-07-1995 04-12-1991 11-09-1996 20-08-1992
EP 0200178	A	05-11-1986	DE 3515770 A1 DE 3660561 D1 EP 0200178 A1 ES 8704588 A1	06-11-1986 22-09-1988 05-11-1986 16-06-1987

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2004/002444

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 F02C7/32 F02C6/08 F01D15/10 F02C7/277 B64D13/06
F04D27/02

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 F02C F01D B64D F04D

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 694 765 A (HIELD ET AL) 9. Dezember 1997 (1997-12-09) Spalte 8, Zeile 36 - Zeile 60; Abbildung 8 -----	1-6, 12, 16-21
X	EP 1 186 761 A (GENERAL ELECTRIC COMPANY) 13. März 2002 (2002-03-13) Absätze '0001!, '0005!, '0011!, '0013!, '0016!, '0019! -----	1-6, 12, 16-21
X	US 3 514 945 A (KENNETH A. AUSTIN) 2. Juni 1970 (1970-06-02) -----	1-7, 12, 16, 17, 19, 20 8-11
Y	das ganze Dokument -----	
X	US 3 145 532 A (MOSS NORMAN) 25. August 1964 (1964-08-25) -----	1-5, 12-20 6, 7
A	das ganze Dokument -----	
	-/--	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nahellegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

9. Februar 2005

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

17/02/2005

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Koch, R

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE2004/002444

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 143 329 A (COFFINBERRY ET AL) 1. September 1992 (1992-09-01)	1, 3, 5, 12, 16, 18, 19
A	das ganze Dokument	13-15
Y	EP 0 200 178 A (KLOCKNER-HUMBOLDT-DEUTZ AKTIENGESELLSCHAFT) 5. November 1986 (1986-11-05)	8-11
A	das ganze Dokument	6, 7, 13-15

INTERNATIONAL RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2004/002444

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5694765	A	09-12-1997	DE 69407555 D1 05-02-1998
			DE 69407555 T2 13-08-1998
			EP 0659234 A1 28-06-1995
			WO 9502120 A1 19-01-1995
			JP 8501370 T 13-02-1996
EP 1186761	A	13-03-2002	US 6442941 B1 03-09-2002
			CZ 20010044 A3 17-04-2002
			EP 1186761 A2 13-03-2002
			JP 2002097970 A 05-04-2002
			US 2002129608 A1 19-09-2002
US 3514945	A	02-06-1970	KEINE
US 3145532	A	25-08-1964	FR 82029 E 13-12-1963
US 5143329	A	01-09-1992	US 5125597 A 30-06-1992
			CA 2042201 A1 02-12-1991
			DE 69105354 D1 12-01-1995
			DE 69105354 T2 13-07-1995
			EP 0459816 A1 04-12-1991
			JP 2533988 B2 11-09-1996
			JP 4231291 A 20-08-1992
EP 0200178	A	05-11-1986	DE 3515770 A1 06-11-1986
			DE 3660561 D1 22-09-1988
			EP 0200178 A1 05-11-1986
			ES 8704588 A1 16-06-1987